

ZOHLADNENIE DLHODOBÉHO ZAŤAŽENIA PRI NÁVRHU PRIHRADOVÝCH NOSNÍKOV

Abstrakt

V príspevku sú predstavené výsledky jedinečného experimentu, ktorý sa zameriava na dlhodobé namáhanie drevených priehradových nosníkov s ocelovými doskami s prelisovanými trňmi. Jedinečnosť výskumnej úlohy spočíva v skúšaní vzoriek s veľkými rozpätiami a v čase trvania zaťaženia vyše 1 roka. Úlohou dlhodobého experimentu bolo zistiť dve základné veličiny. Veľkosť dodatočných priehybov a čas pôsobenia zaťaženia potrebný na ich vznik. V článku sú uvedené priebehy dotvarovania, teda závislosti deformácií od času pôsobenia zaťaženia. V závere článku sú uvedené odporúčania pre výrobcov a pre stavebných inžinierov – staticov s cieľom zvýšiť bezpečnosť a spoľahlivosť drevených konštrukcií.

1. ÚVOD

Skúmané typy nosníkov sú používané na strešné konštrukcie s veľkými rozpätiami. V mnohých prípadoch sú takéto strešné konštrukcie zaťažené ťažkou strešnou krytinou a sú realizované v oblastiach s dlhodobou pôsobiacim zaťažením od snehu. Zámerom výskumu bolo overiť deformačné vlastnosti priehradových nosníkov v čase, keďže firmou používaný software nepočíta ani s poddajnosťou spojov ani s dotvarovaním materiálu.

Experiment sa realizoval priamo u výrobcu nosníkov vo firme Tectum Novum v Zemnom. Spolupráca STU v Bratislave a výrobcu drevených konštrukcií sa ukázala ako obojstranne prospešná v spoločnom výskumno-realizačnom projekte. Vzájomná spolupráca firmy Tectum Novum v oblasti výskumu priehradových nosníkov prebieha od roku 2010. V tom roku bol realizovaný prvý experiment, ktorý bol zameraný na zistenie krátkodobej odolnosti nosníkov. Závety z prvej úlohy boli aplikované do výroby a upravené nosníky boli následne podrobené dlhodobému testu.

Cieľom výskumnej úlohy bolo pozorovaním zmien priehybov počas trvania zaťaženia zistiť skutočné pôsobenie nosníkov pri dlhodobom zaťažení. Na záver experimentu určiť mieru plastických nenávratných deformácií a následne ďalším zaťažovaním určiť ich odolnosť.

2. SKÚŠOBNÉ VZORKY

Na základe prechádzajúceho experimentálneho overovania krátkodobej odolnosti nosníkov došlo k zmenám vo výrobe priehradových nosníkov. V záveroch prvej úlohy sa upozorňovalo na výber reziva v miestach najviac namáhaných styčníc. Bolo treba venovať zvýšenú pozornosť všetkým kritériám vizuálneho triedenia, aby nedošlo k výskytom hrč, živičných kanálov v kritických miestach spojov a k použitiu prvkov so šikmým priebehom vlákien.

Z toho dôvodu sa výrobca rozhodol pre použitie konštrukčného rasteného dreva, ktoré je na stavebnom trhu známe aj pod skratkou KVH. Ide o druh sušeného a triedeného reziva spájaného zubovitým lepeným spojom do "nekonečnej lamely" a rezaný na potrebné dĺžky. Navyše tento druh reziva má garantovanú pevnostnú triedu a prierezy presné rozmery. Zmena dodávateľa spôsobila zmeny rozmerov prierezov – pôvodné nosníky mali šírky prierezov 50mm, nosníky od nového renomovaného dodávateľa KVH majú šírku 45mm. Zmenšením šírky bolo vyvolané zväčšenie výšky prierezov. Krajná diagonála bola zosilnená pridaním bočnej príložky (obr.1).

¹ Doc. Ing. Jaroslav Sandanus, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Katedra kovových a drevených konštrukcií, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail: jaroslav.sandanus@stuba.sk

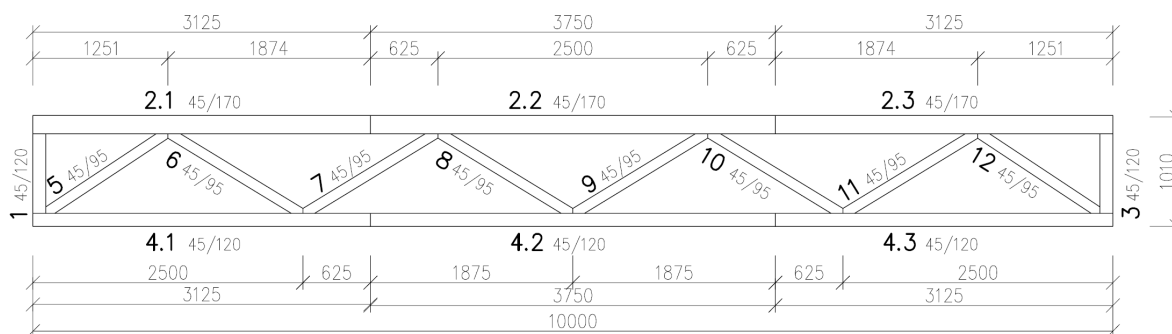
² Ing. Miloš Slivanský, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, e-mail: milos.slivansky@stuba.sk

³ Ing. Kristián Sógel, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, e-mail: kristian.sogel@stuba.sk

Rozpätie a výška nosníkov bola zachovaná, aby bolo možné porovnať výsledky predchádzajúcej krátkodobej a uvedenej dlhodobej skúšky.



Obr. 1: Skúšobné nosníky a zaťažovacia zostava



Obr. 2 – Geometria a rozmery skúšobných vzoriek

3. PRÍPRAVA EXPERIMENTU

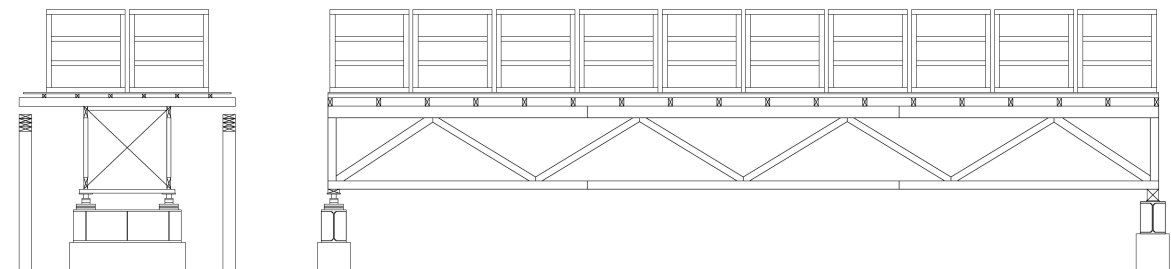
Skúsenosti z predošlého experimentu ovplyvnili zaťažovaciu zostavu pre ohybovú skúšku iba minimálne. Znova bola skúšaná dvojica nosníkov vzájomne spojená vodorovným priehradovým vystužovadlom v rovine horných pásov. V mieste podpier sa nachádzalo zvislé oceľové vystužovadlo v tvare kríža. Na zaťažovanie vodou sa využili rovnaké nádoby a rovnaká roznášacia konštrukcia. Roznos zaťaženia na horný pás skúšobných vzoriek priehradových nosníkov zabezpečoval drevený rošt z priečnikov s prierezom 50/140mm s osovou vzdialenosťou 600mm a latovanie prierezu 50/40mm s osovou vzdialenosťou 500mm a plnoplošné

debnenie z dosiek OSB hrúbky 12mm. Napĺňanie a odčerpávanie vody zabezpečovali ponorné elektrické čerpadlá. Nosníky boli zaťažené na 90% navrhovanej odolnosti.

Pre zabezpečenie konštantnej úrovne zaťaženia bolo treba zabrániť vyparovaniu vody z nádob. Nádoby sa preto prekryli hydroizolačnou fóliou. Hladina vody sa počas trvania experimentu priebežne kontrolovala.

Nosníky boli vybavené elektronickými a analógovými meracími zariadeniami. Elektronické snímacie zariadenia boli použité počas zaťažovania a pri každej zmene zaťaženia. Do tejto skupiny patrili silomery, ktoré slúžili na kontrolu úrovne zaťaženia a indukčné snímače deformácií. Priehyby boli zaznamenávané v strede rozpätia a pri podperách nosníkov.

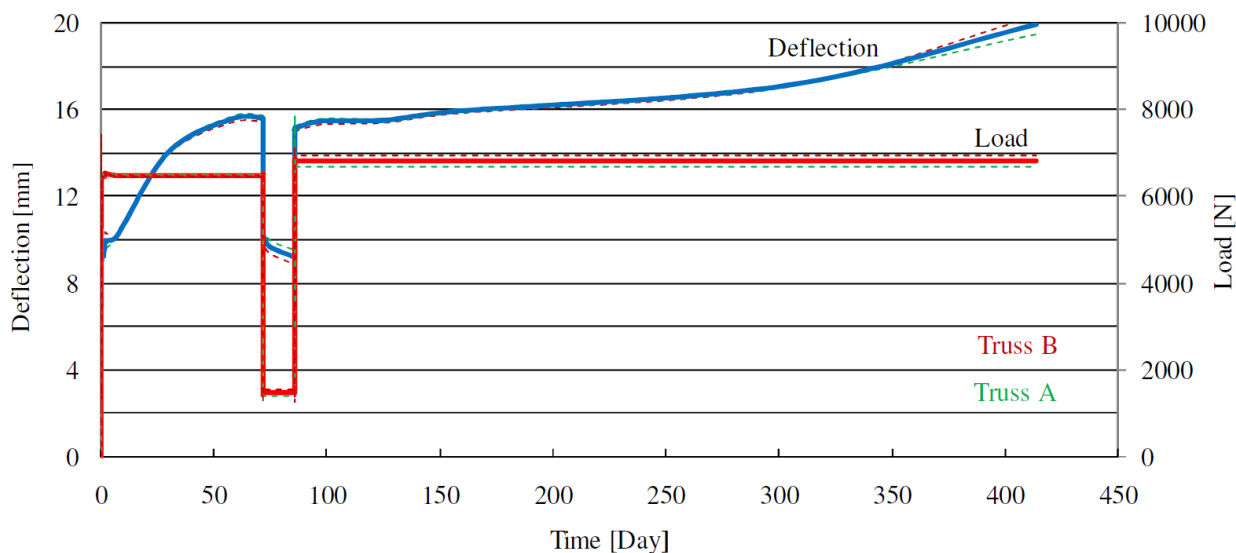
Analógové zariadenia boli použité na meranie priehybov vo fáze konštantného zaťaženia. Boli inštalované v rovnakých miestach ako elektronické snímače deformácií.



Obr. 3 – Schéma zaťažovacej zostavy

4. VÝSLEDKY DLHODOBÝCH MERANÍ

Počas prvých mesiacov zaťaženia bol pozorovaný výrazný nárast dodatočného priehybu. Po 72 dňoch konštantného zaťaženia došlo k odčerpaniu vody a sledovala sa postupná spätná deformácia. Fáza odľahčenia trvala asi 13 dní a na jej konci bolo možné určiť hodnoty trvalých, nevratných deformácií. V ďalšej fáze zaťaženia bol nárast dodatočných priehybov menej prudký.



Obr. 4: Grafické výsledky experimentu

Vypočítaný priehyb programom Truss od spoločnosti Fine bol 10,4mm. Správnosť výpočtu okamžitého priehybu potvrdil aj experiment. Vypočítaný priehyb však nezohľadňuje dotvarovanie. Z tabuľky a grafu je zrejmé, že už po 72 dňoch konštantného zaťaženia vzrastie priehyb o 76% jeho okamžitej hodnoty. Do konca experimentu, teda za 414 dní, vznikol na nosníkoch priehyb v priemere až 19,89mm. Z toho bolo od

dotvarovania 10,66mm, čo predstavuje vyše 50% z celkového priehybu. Z toho vyplýva, že pri pôsobení dlhodobého zaťaženia treba počítať približne s dvojnásobnou hodnotou okamžitého priehybu.

Dátum	Priehyb (deformácia podpier zohľadnená)	Nosník A [mm]	Nosník B [mm]	Priemer [mm]
18.7.2012	Okamžitý od prvého zaťaženia	8,7	8,85	8,78
28.9.2012	Stav po 72 dňoch od prvého zaťaženia	15,75	15,43	15,59
	Prvá časť priehybu od dotvarovania			6,81
28.9.2012	Stav okamžite po odľahčení	10,54	9,83	10,18
	Okamžitá spätná deformácia			5,41
12.10.2012	Stav po 13 dňoch po odľahčení	9,53	8,85	9,19
	Oneskorená spätná deformácia			0,99
12.10.2012	Stav okamžite po druhom zaťažovaní	15,05	15,05	15,05
	Okamžitý priehyb od druhého zaťaženia			5,86
5.9.2013	Stav po 329 dňoch od druhého zaťaženia	19,48	20,30	19,89
	Druhá časť priehybu od dotvarovania			3,85

Tab. 1: Charakteristické priehyby počas experimentu

Počas trvania experimentu boli nosníky odľahčené prvýkrát po 72 dňoch a druhýkrát pred záverom experimentu. Po odľahčení nosníka dochádza k spätnej deformácii, teda k tzv. dopružovaniu. Hodnota spätnej deformácie závisí od dĺžky trvania zaťaženia. Po prvých 72 dňoch namáhania bola táto hodnota asi 40% z celkovej deformácie, pričom po 414 dňoch išlo len o 30%. Je možné konštatovať, že dĺžkou trvania zaťaženia klesá hodnota spätnej pružnej deformácie. Zároveň rastie podiel nenávratnej plastickej deformácie. V závere experimentu tvorila plastická deformácia až 70% celkového priehybu.

5. ODOLNOSŤ NOSNÍKOV PO DLHODOBOM ZAŤAŽENÍ

Na záver experimentu boli nosníky znova odľahčené a zaťažované až do porušenia. Cieľom bolo zistiť, nakoľko ovplyvní dlhodobé namáhanie výslednú odolnosť nosníkov. Odolnosť upravených nosníkov bola aj napriek dlhodobému namáhaniu o 15% vyššia ako odolnosť získaná z krátkodobých skúšok. Pri prvej skúške došlo k porušeniu nosníkov na úrovni premenného zaťaženia 3,3kN/m, pri druhej skúške došlo k porušeniu nosníkov pri zaťažení 3,8kN/m.

6. ZÁVER

Experimentálne overovanie pôsobenia priehradových nosníkov s oceľovými doskami s prelisovanými tŕňmi poukazujú na významné hodnoty dodatočných deformácií. V statickom výpočte uvažovať iba s pružnou deformáciou nie je postačujúce, keďže výsledná deformácia môže byť po dlhodobom zaťažení až jej dvojnásobok. Výrazný podiel na celkovej deformácii tvorí trvalá, nenávratná deformácia. Poľahčujúcou okolnosťou je, že rozhodujúcim faktorom pri návrhu priehradových nosníkov nie je priehyb. Celkový priehyb s dotvarovaním stále spĺňa kritériá pre medzný stav použiteľnosti. Nárast priehybu môže ale ovplyvniť celistvosť podhládov, alebo funkčnosť spádových vrstiev v prípade plochých striech.

7. LITERATÚRA

[1] Julínek, I. – Lužica, F. – Sandanus, J. – Slivanský, M. – Sógel, K.: Experimentálne overovanie priehradových väzníkov, Zborník z konferencie „Statika stavieb 2011“, Piešťany 2011, Vydal Spolok statikov Slovenska a SKSI, str. 245-255